Aus dem
Pharmakologischen Institut der Universität Göttingen.

Untersuchungen über Calcium und Magnesium-Antagonismus an Kolloidgemischen.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Würde eines Doktors der Zahnheilkunde

einer hohen medizinischen Fakultät der
Georg August-Universität zu Göttingen

vorgelegt von

Erika Schultze
approb. Zahnärztin
aus Gifhorn.

Göttingen 1925.
Druck der Dieterichschen Universitäts-Buchdruckerei
(W. Fr. Kaestner).

Dissertation der Medizinischen Fakultät vorgelegt
am 13. Juni 1925.

Referent: Privatdozent Dr. Handovsky.
Korreferent: Professor W. Heubner.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Einteilung.

I. Problemstellung und Methodik.
II. Der Ionenantagonismus in der Biologie.
    a) Antagonismus verschiedenwertiger Ionen.
    b) Antagonismus gleichwertiger Ionen.
III. Der Ionenantagonismus an unbelebten Kolloiden.
    a) Antagonismus verschiedenwertiger Ionen.
    b) Antagonismus gleichwertiger Ionen.
IV. Theoretische Erklärungsversuche über biologischen Ionenantagonismus, besonders die Abhängigkeit des Antagonismus von der Zusammensetzung des kolloiden Systems.
V. Eigene Versuche.
    a) am Kasein,
    b) am Lezithin,
    c) an Kasein-Lezithin-Gemischen verschiedener Zusammensetzung.
VI. Tabellen.

Literaturverzeichnis.

1) Loeb, Biochem. Ztschr. 1911. (Entgiftung von Na Cl durch K Cl.)
2) Loeb, Biochem. Ztschr. 1910. (Warum hemmt $Ca Cl_2$ die Giftwirkung von Na Cl für die Seeigeleier?)
3) Spiro, Biochem. Ztschr. 1922. (Zur lyotropen Reihe und zur β-Oxydation.)
4) Loewe, Biochem. Ztschr. 1912. (Zur physik. Chemie der Lipoide.)
5) Zondek, Klinische Wochenschr. 1923. (Die Bedeutung von K und Ca für die Pathologie u. Physiologie.)
6) Meltzer, Deutsche Med. Wochenschr. 1909. (Einiges zur Physiologie u. Pharmakologie des Mg und Ca.)
7) Meltzer, Berliner Klinische Wochenschr. 1906. (Die hemmenden und anaesthesierenden Eigenschaften der Mg-Salze.)
8) Spiro, Schweizer Med. Wochenschr. (Lezithin u. Hämolyse.)
9) Handovsky, Deutsche Med. Wochenschr. 1924. (Das Ionenproblem.)
10) Linder u. Picton, Journ. chem. soc. 1895.
11) Freundlich, Kapillarchemie, 2. Aufl., S. 632 ff.
12) Brinkman u. van Dam, Biochem. Ztschr. 1920. (Phosphatide u. Sterine.)
13) Porges u. Neubauer, Biochem. Ztschr. 1908. (Physikal.-chemische Untersuchungen über das Lezithin u. Cholesterin.)
14) Handovsky u. Wagner, Biochem. Ztschr. 1911. (Ueber einige physikal.-chem. Eigenschaften von Lezithinemulsionen.)
15) Neuschloss, Pflügers Archiv 1920. (Die kolloidchem. Bedeutung des physiologischen Ionenantagonismus.)
16) Handovsky, Pflügers Archiv 1921. (Bemerkungen zu 15.)
17) Neuschloss, Pflügers Archiv 1921. (Erwiderung auf 16.)
18) W. Koch, Ztschr. f. physiol. Chemie 1903.
19) Zondek, Deutsche Med. Wochenschr. 1924. (Ionengleichgewicht und Giftwirkungen.)
20) Handovsky, Leitfaden d. Kolloidchemie für Biologen u. Mediziner. (2. Aufl., 1925, im Druck.)
21) Clowes, Journ. of physical. chem. 1916.

I.

Der Zweck meiner Untersuchungen war, unsere Kenntnis von dem Antagonismus zwischen Ca- und Mg-Ionen durch Untersuchungen an einfachen Modellen zu fördern. Mir war dabei daran gelegen, biologisch wichtige Modelle zu wählen, und zwar einen Eiweißkörper und ein Phosphatid.

Meine Versuchsanordnung bestand darin, die Fällungsgrenze der einzelnen Salze Na, K, Ca, Mg und die der entsprechenden Salzgemische aufzufinden. Bei der Auswahl der Eiweißkörper galt es daher solche zu wählen, die verhältnismäßig leicht fällbar sind. Ich verwendete das Kasein, das auch am leichtesten darzustellen ist; dabei mußte ich allerdings in Kauf nehmen, daß das Kasein in Wasser nicht löslich ist und durch Alkali in Lösung gebracht werden muß. Verwendet wurde Kasein pur. in Subst. von Heyden und zwar eine 0,4-prozentige Lösung, der auf 250 ccm Lösung 1 ccm normale Natronlauge zugesetzt war. Von dieser 0,4 % Kasein enthaltenden Lösung wurden zu jedem einzelnen Versuch 2 ccm gebraucht, die im Reagenzglas aus Jenenser Glas durch Wasser und die zu verwendenden Salzlösungen jedesmal auf 5 ccm gebracht wurden, sodaß für den einzelnen Versuch stets 0,008 g Kasein in Anwendung kamen. Die Salzlösungen wurden aus n Lösungen hergestellt.

Die verwendete Lezithinemulsion war 0,9-prozentiges Lezithin, pur. ex ovo von Merck. Die Salzlösungen wurden wie bei den Kaseinversuchen als Normallösungen

hergestellt. Um für die Mischung annähernd gleiche Alkaleszenzbedingungen zu schaffen, wurde der Lezithinlösung wie der Kaseinlösung 1 ccm n Natronlauge auf 250 ccm Lösung zugesetzt. Von dieser Lösung kamen für jeden einzelnen Versuch nicht wie beim Kasein 2 ccm, sondern nur 1 ccm in Anwendung, die dann durch Wasser und die jeweilige Salzlösung auf 5 ccm verdünnt wurde, sodaß auf jeden Versuch 0,009 g Lezithin entfallen. Von den Salzen wurden in der Hauptsache wiederum Mg und Ca auf ihre fällende Wirkung untersucht.

Ferner machte ich Versuche über Kasein-Lezithin-Gemische, indem ich die Ausgangslösungen in verschiedenem Mengenverhältnis kombinierte, und die Salzkonzentrationen so wählte, daß sie denen bei den einfachen Kolloidlösungen entsprachen. Die verschiedene Zusammensetzung der Gemische wurde gewählt, um die Bedeutung der Kolloide für den Antagonismus zu untersuchen.

II.

Die Lehre von der biologischen Wirkung der Salze wird heute beherrscht von den Erfahrungen über Synergismus und Antagonismus der Ionen. Richtiger wäre es von Ionengleichgewichten schlechthin zu sprechen. So ist von verschiedenen Seiten das Wort Ionenantagonismus verworfen und als unrichtig bezeichnet worden, weil, wie Spiro mit Recht hervorhebt, nicht die Ionen einander entgegenwirken, sondern beide Ionen auf ein Drittes, nämlich das kolloide Substrat, einwirken. Trotzdem hat sich der von Spiro vorgeschlagene Terminus „Pseudoantagonismus“ nicht eingebürgert und es ist beim alten, dem von J. Loeb geprägten Ausdruck „Ionenantagonismus“ geblieben.

Der Entdecker des physiologischen Ionenantagonismus war S. Ringer. Er zeigte, daß Herzen in reiner Kochsalzlösung Unregelmäßigkeiten aufweisen, die durch Zusatz von Ca- oder K-Salzen, noch besser durch Hinzufügen

beider, wieder beseitigt werden können. Dieser Versuch Ringers bildete den Ausgangspunkt für die Erforschung der biologischen Salzwirkungen.

Durch die Untersuchungen von J. Loeb an Funduluseiern wurde dann auf die Beziehungen zwischen den Salzwirkungen und den Kolloiden hingewiesen. Aus Loebs Versuchen geht hervor, daß zwischen den Zellkolloiden und gewissen Salzgemischen typische Wechselwirkungen bestehen, für die der zwischen den einzelnen verwendeten Ionen bestehende Antagonismus als besonders charakteristisch hervorzuheben ist. Loebs Versuche brachten zwei wesentliche Fortschritte, sie seien hier kurz besprochen:

Bringt man befruchtete Funduluseier aus dem Meerwasser in eine reine Kochsalzlösung, deren osmotischer Druck dem des Meerwassers entspricht, so findet keine weitere Entwicklung statt; die Eier gehen zugrunde. Auch in einer Lösung eines zwei- oder mehrwertigen Kations entwickeln sie sich nicht. Bringt man aber die Eier in Wasser, das zwei verschiedenwertige Salze zugleich enthält, z. B. ein einwertiges und ein zweiwertiges, oder ein einwertiges zusammen mit einem mehrwertigen, so macht die Entwicklung gute Fortschritte. Die Giftwirkung des einzelnen Salzes wird also bei gleichzeitigem Vorhandensein eines anderswertigen Salzes aufgehoben. Es zeigt sich demnach zwischen den verschiedenwertigen Kationen ein ausgesprochener Antagonismus, den man mit der verschiedenen Ladung in Zusammenhang gebracht hat. Das bei den Loebschen Versuchen verwendete physiologische $CaCl_2$ läßt sich durch andere zweiwertige Salze ersetzen, deren Kationen allerdings in ihrer Fähigkeit, die Giftwirkung der Kochsalzlösung aufzuheben oder einzuschränken, nicht gleichwertig sind. Nur Quecksilber- und Kupfersalze entgifteten die Kochsalzlösung nicht. Aehnliche Entgiftungsvorgänge ein- und zweiwertiger Ionen, wie bei den Funduluseiern, kann

man auch am isolierten Froschherzen beobachten. Einwertige Kationen, wie Na und K, wirken allein und zusammen giftig, ebenso Ca-Salze allein angewandt. Verwendet man jedoch eine Lösung aus K- und Ca-Salz, also ein einwertiges Kation, zusammen mit einem zweiwertigen, so kann das Herz wieder funktionieren, falls die genannten Kationen im bestimmten Mengenverhältnis vorhanden sind; denn es kommt nicht nur darauf an, daß die Ionen überhaupt da sind, sondern daß sie in bestimmtem Mengenverhältnis zueinander stehen; es muß ein Gleichgewicht zwischen den für das Funktionieren der Zelle nötigen Ionen herrschen. Auch bei Pflanzen wurde dieser Antagonismus beobachtet.

Ich möchte nun noch ein Beispiel für den physiologischen Ionenantagonismus anführen, bei dem sich nicht, wie bei den schon erwähnten Versuchen, von Loeb an Funduluseiern und anderen, zwei verschiedenwertige Kationen als Antagonisten gegenüberstehen, sondern zwei gleichwertige, und zwar Ca und Mg. Freilich handelt es sich hier nur um einen indirekten Nachweis am ganzen Tier. S. J. Meltzer und J. Auer haben zahlreiche Tierversuche mit Einspritzungen von Mg-Salzen unternommen und dabei festgestellt, daß diese Salze nervöse Hemmungs- oder Depressionszustände befördern. Die Erfahrungen, die man am Tierkörper mit Mg-Salzen gesammelt hat, sind dann auch auf den Menschen übertragen und in der Chirurgie mit gutem Erfolge angewandt worden. Es läßt sich durch Einspritzungen geeigneter Dosen von Magnesiumsulfat eine tiefe allgemeine Narkose erzielen, in der große Operationen ausführbar sind. Die Wirkung ist vollkommen reversibel, tritt jedoch erst 3—4 Stunden nach erfolgter Einspritzung auf, weswegen man häufig die Narkose durch geringe Dosen Chloroform unterstützt. Reizwirkungen sind nicht beobachtet worden. In einer späteren Arbeit haben die genannten Autoren, Meltzer und Auer, an einer Reihe von Versuchen dargelegt, daß die bei Wirbel-

tieren durch Mg hervorgerufene Hemmung, die sich auf Bewußtsein, Sensation und willkürliche Bewegungen erstreckt, durch Einverleibung von Ca-Salzen beseitigt werden kann. Meltzer hat verschiedene Verbindungen, sowohl des Ca als auch des Mg untersucht, und zwar von den Mg-Salzen das Chlorid, das Sulfat, das Nitrat und das Acetat, vom Calcium das Chlorid, Nitrat und Acetat, und für alle eine antagonistische Wirkung zwischen Ca und Mg feststellen können. Er hat seine Versuche auch an Affen ausgeführt und hier den gleichen Kationenantagonismus nachweisen können wie beim Kaninchen. Zusammenfassend ergibt sich aus den genannten Arbeiten, daß das Magnesium einen hemmenden Einfluß auf Erregungen, Erregbarkeit und Bewegungen ausübt, und daß diese Depression durch Calcium aufgehoben werden kann. Es zeigt sich also hier das Ca als Antagonist des Mg, eine Tatsache, die an Pflanzen schon früher durch O. Loew nachgewiesen worden war.

III.

Es hat nun auch seit den Arbeiten von S. Ringer und J. Loeb nicht an Versuchen gefehlt, das Wesen des physiologischen Ionenantagonismus auf physiko-chemischen Grundlagen durch Vergleich mit Versuchen, die am nichtlebenden Substrat vorgenommen wurden, zu erklären. Von solchen Versuchen wären zunächst die Arbeiten von Linder und Picton über Einwirkungen von Elektrolytgemischen auf ein Arsentrisulfidsol zu erwähnen.

Linder und Picton beobachteten bei ihren Versuchen, daß die fällende Wirkung eines Elektrolyten durch die eines zweiten Elektrolyten, wenn auch nicht ganz aufgehoben, so doch merklich gehemmt werden konnte, und zwar zeigte sich diese Hemmung nur bei Anwendung verschiedenwertiger Kationen, während sich zwei gleichwertige in ihren Wirkungen einfach addierten. Deutlich geht dieser Antagonismus aus folgender Tabelle hervor.

Folgende Konzentrationen des Gemisches wirken gleich stark fällend:

0,0	KCl	4,40	$SrCl_2$
0,30	„	4,90	„
1,20	„	5,55	„
2,70	„	5,65	„
3,00	„	5,80	„

Man sieht daraus, wie mit steigendem KCl Zusatz auch eine immer größer werdende Menge $SrCl_2$ erforderlich ist, um dieselbe Fällung zu erreichen, die durch $SrCl_2$ allein erzielt wird.

Häufiger werden diese Wirkungen an hydrophilen Kolloiden beobachtet. Es seien in diesem Zusammenhang die Versuche von Porges und Neubauer und von Koch über die Einwirkungen von Elektrolyten bezw. Elektrolytgemischen auf Lezithinsole erwähnt, da sich meine Untersuchungen auch mit Lezithinsolen beschäftigten. Koch beobachtete: Säuren wirken fällend, Alkalien lösend auf die Lezithinemulsion; die Salze der Alkalimetalle erzeugen keine Niederschläge, die zweiwertigen Salze wirken fällend, die durch zweiwertige Kationen erzeugte Fällung kann jedoch durch ein- und zweiwertige Kationen gehemmt werden.

Porges und Neubauer berichten über ihre Versuche: „Die Salze der Erdalkalien erzeugen mit Ausnahme von $BaCl_2$ in den Lezithinsuspensionen zwei Fällungsbereiche, die durch eine schmale Zone fehlender Veränderung getrennt sind. Nach der Seite höchster Salzkonzentration zu hört die Fällung auf, wie die Sättigung mit $MgCl_2$, $MgSO_4$ und $BaCl_2$ ergibt. Für das $MgCl_2$ ergeben sich zwei Fällungsmaxima, die ungefähr bei $\frac{n}{100}$ und n Lösung gelegen sind. Die intermediäre Zone fehlender Fällung ist am breitesten bei den Mg-Salzen und nimmt in der Reihenfolge Ca, Sr, Ba ab. Beim Ba verschwindet sie. Von Einfluß auf die Ausfällung durch Salze ist auch die

Lipoidkonzentration; beim Lezithin verschmälern sich die Fällungszonen mit zunehmender Verdünnung der Suspension.“ In der Arbeit heißt es weiter über die kombinierte Fällung von Salzen: „Im allgemeinen summiert sich die Wirkung der Salze. Eine Ausnahme hiervon bildet bezüglich des Lezithins die Anwendung konzentrierter Salzlösungen. Hohe Konzentrationen gewisser Salze erzeugen eine Aufhellung oder vollständige Klärung der Lezithinsuspension oder aber die Suspension bleibt im Gegensatz zur fällenden Wirkung niedriger Salzkonzentrationen unverändert. Eine derartige Salzkonzentration verhindert auch die Wirksamkeit an sich fällender Mengen anderer Salze.“

Im Gegensatz zu diesen Versuchen von Porges und Neubauer, die die Fällungsgrenze für $Ba(NO_3)_2$ bei 0,01 n fanden, konnten Handovsky und Wagner, die die physiko-chemischen Eigenschaften von Lezithin-Emulsionen untersuchten, erst mit einer höheren Konzentration von $Ba(NO_3)_2$ eine Fällung erzielen, und zwar mit 0,05 n $Ba(NO_3)_2$; ebenso ergab sich zwischen den genannten Autoren ein Unterschied in Bezug auf die Fällung durch Na Cl. Porges und Neubauer erzielten bereits durch $\frac{n}{2}$ Salzlösung eine Fällung, während Handovsky und Wagner selbst durch Verwendung der doppelten Konzentration, also mit n Na Cl-Lösung keinen Niederschlag feststellen konnten. Diese Unterschiede lassen sich vielleicht aus den verschiedenen Lezithinpräparaten erklären, da die einen (P. und N.) ein Handelslezithin, die anderen (H. und W.) ein aus Eiern hergestelltes Lezithingemisch benutzten. Ich konnte durch 0,2 n Kochsalzlösung eine, wenn auch geringe Fällung in der Lezithinlösung feststellen, und verwendete zu meinen Versuchen, wie erwähnt, Lezithin, pur. ex ovo von Merck.

Versuche über den Antagonismus zwischen Ca- und Mg-Ionen an Lezithinsolen wurden von Neuschloß aus-

geführt. Neuschloß legte seinen Untersuchungen die Tatsache zugrunde, daß zwischen der Flockung und der Oberflächenspannung eines Lezithinsols Zusammenhänge bestehen. Die Oberflächenspannung des reinen Sols, die geringer ist, als die von Wasser bei Zimmertemperatur, kann durch Zusatz eines Elektrolyten bedeutend erhöht werden. Diese Steigerung nimmt mit wachsender Salzkonzentration bis zu einem Maximum zu, dann sinkt die Oberflächenspannung wieder, was wohl eine Folge zunehmender Peptisation ist. Die durch einen Elektrolyten erzielte Erhöhung der Oberflächenspannung kann nun durch Hinzufügung eines zweiten Elektrolyten, der dasselbe Anion, aber ein anderes Kation enthält, in bedeutendem Maße zurückgehalten werden. Es zeigt sich also hier ein deutlicher Kationenantagonismus, der sich in gleicher Weise auch bei der Fällung bemerkbar macht. Auf diese Erfahrungen baute Neuschloss seine Versuche auf und maß die Veränderungen der Oberflächenspannung des Lezithinsols. Seine Methodik gibt, obwohl sie nur eine indirekte ist, wahrscheinlich feinere Unterschiede an, als man sie bei Bestimmung der äußerlich sichtbaren Kolloidfällung wahrnehmen kann. Neuschloß hat aber bei seinen Versuchen mit Elektrolytgemischen stets die Konzentration beider Salze geändert, weswegen die Ionenwirkung des einen Elektrolyten sich kaum mit der durch das andere Ion hervorgerufenen Veränderung vergleichen läßt, da bei gleichzeitiger Veränderung beider Salzkonzentrationen sich die Frage erhebt, welches von beiden Salzen der eigentliche Urheber der Veränderung ist; jedoch lag es Neuschloß wohl weniger daran, die Wirkung des einen Ions auf den durch das andere Ion verursachten Zustand des Sols zu prüfen und zu bestimmen, als vielmehr daran, nachzuweisen, daß die Oberflächenspannung des Lezithinsols sich durch Salzgemische in der Weise beeinflussen läßt, daß sie bei den Gemischen stets niedriger ist als in reiner Salzlösung, daß also eine anta-

gonistische Beeinflussung vorliegt, und daß für je zwei Kationen sich ein bestimmtes Verhältnis feststellen läßt, bei dem die Oberflächenspannungserhöhung ein Maximum erreicht.

IV.

Nunmehr ist es noch nötig, die Frage über den Angriffspunkt des physiologischen Ionenantagonismus zu streifen, eine Frage, die bis heute noch wenig geklärt ist, über die aber von verschiedenen Seiten Theorien aufgestellt worden sind. Loeb nahm zunächst an, dass die Aufhebung einer giftigen Salzwirkung durch einen zweiten Elektrolyten mit den Eiweißstoffen der Zellen zu tun habe. Er glaubte, daß das Gleichgewicht der Eiweißionen durch eine reine Salzlösung gestört würde und dadurch die Giftwirkung zustande käme, während die in richtiger Mischung angewendeten Salze eine Art Gerbung der Protoplasmaoberfläche verursachten, wodurch das Eindringen der schädlichen Stoffe und auch der Ionen verhindert würde. Später hat Loeb seine Ansicht dahin geändert, daß sich die Ionen gegenseitig von der Zelloberfläche verdrängen, also nicht in die Zelle hineindringen, ohne daß jedoch das verdrängende Ion den Platz des verdrängten einnehmen muß und ohne daß eine chemische Reaktion stattfindet. Spiro konnte feststellen, daß K- und Ca-Ionen die Löslichkeit der Aminosäuren antagonistisch beeinflussen. Handovsky wies darauf hin, daß die Festigkeit der Bindung des Cholesterins im Serum von beiden Ionen entgegengesetzt beeinflußt wird.

Während Hoeber und auch Neuschloß der Anschauung zuneigen, daß vor allem Adsorptionsvorgänge für die antagonistische Wirkung der Ionen in Betracht kommen, vertritt Freundlich die Ansicht, daß neben Entladungen und Umladungen auch Quellungs-, Schrumpfungs- und kapillarelektrische Erscheinungen, in erster Linie Hydratationseinflüsse für die Ionenwirkungen verantwortlich zu machen sind, zumal da bei hydrophoben

Solen der Antagonismus nur selten zu beobachten ist, während er beim Übergang zu mehr hydrophilen Solen wieder auftritt. Daß mit der Änderung des Ionengehaltes eine Veränderung des Wassergehaltes und der Wasserbindungsfähigkeit der Zellen einhergeht, hat als erster Hofmeister nachgewiesen und die bekannte Hofmeistersche Ionenreihe aufgestellt, in der die Ionen im wesentlichen nach ihrer Hydratationsfähigkeit geordnet sind.

Handovsky vertritt den Standpunkt, daß das Wesen des Ionenantagonismus darauf beruht, daß jeder der beiden Antagonisten an einem anderen kolloiden System angreift. Das Mischungsverhältnis der Kolloide bezw. das Gleichgewicht zwischen den kolloiden Zuständen müßte daher für den Ionenantagonismus maßgebend sein. Als wesentliche Stütze dieser Anschauung verweist er auf Untersuchungen von Clowes an Öl-Wasseremulsionen, denen eine Spur Seife zugesetzt war. Clowes fand, daß es sich hier um zwei Emulsionen handelt, um solche von Öl in Wasser, und solche von Wasser in Öl, und daß in der Nähe des Umwandlungspunktes ein Ionenantagonismus sich geltend macht, wie an lebenden Zellen.

V.

Daraus ergab sich für mich, wie anfangs erwähnt, die Aufgabe, den Ionenantagonismus zwischen Ca und Mg an Kasein-Lezithingemischen zu studieren und zu sehen, ob er ebenfalls vom Mischungsverhältnis abhängig ist. Dazu mußten zuerst die Einwirkungen der Salze auf jedes der beiden Kolloide untersucht werden.

Die Fällungsunterschiede der einzelnen Salze habe ich in Tabellen wiedergegeben, die am Schluß zusammengefaßt sind. Der Fällungsgrad ist in den Tabellen durch +++, ++, +, ± gekennzeichnet.

Ich habe zunächst die Fällungen des Kaseins durch $MgCl_2$ untersucht (Tabelle I). Die dazu gehörige Kurve zeigt zunächst ein kurzes Ansteigen von 0,02 n an bis

0,04 n $MgCl_2$, um bis 0,12 n $MgCl_2$ ein Maximum zu durchlaufen und von hier ab langsam abzufallen.

Es war nun festzustellen, welchen Einfluß ein Zusatz von verschiedenen $CaCl_2$-Konzentrationen auf den Verlauf der durch die einzelnen $MgCl_2$-Konzentrationen bedingten Fällungskurve ausüben würde. Die verschiedenen Fällungsgrade sind in den Tabellen II—VII wiedergegeben.

Es wird also die durch $MgCl_2$ hervorgerufene Kaseinfällung durch Zusatz von $CaCl_2$ je nach der Konzentration gehemmt oder unbeeinflußt gelassen, nicht verstärkt.

Ich habe dann umgekehrt den Einfluß von $MgCl_2$ auf die durch $CaCl_2$ bedingte Fällung untersucht, wobei sich folgende Resultate herausstellten.

Die durch $CaCl_2$ allein verursachten Fällungen finden sich in Tabelle VIII. Der Verlauf dieser Fällungen ist wesentlich anders als der durch $MgCl_2$ hervorgerufene (Tab. I), kein Maximum, sondern nur steigende Tendenz.

Zusammenfassend läßt sich über diese Versuche sagen, daß kleine $MgCl_2$-Konzentrationen die fällende Wirkung des $CaCl_2$ erhöhen, größere $MgCl_2$-Konzentrationen dagegen von hemmendem Einfluß auf die Ca-Wirkung sind. Wir haben hier also zunächst Synergismus, dann Antagonismus. In diesem Zusammenhang habe ich auch Versuche über die Wirkung von NaCl und KCl auf die $MgCl_2$- bezw. $CaCl_2$-Wirkung angestellt, die in Tabelle XIV, XV, XVI, XVII dargestellt sind. Aus Tabelle XIV geht hervor, wie Na und K von hemmendem Einfluß auf die Ca-Wirkung sind.

Mit steigender Ca-Konzentration und fallender Na- bezw. K-Konzentration nimmt der hemmende Einfluß ab, die Ca-Wirkung überwiegt. Es tritt Synergismus auf, wie aus Tabelle XV ersichtlich ist.

In Tabelle XVI und XVII sind noch einige Kaseinversuche mit NaCl und KCl in Verbindung mit $MgCl_2$

wiedergegeben. Auch hier macht sich ein hemmender Einfluß geltend. Soweit die Versuche über das Kasein.

In Tabelle XVIII finden sich die Fällungen, die beim Lezithin durch $CaCl_2$ allein hervorgerufen werden. Wir sehen die stärkste Fällung bei 0,01 n und 0,02 n $CaCl_2$, von hier ab ein Fallen bis zu 0,1 n $CaCl_2$, dann eine sich gleichbleibende Fällung bis zur Verwendung von 0,4 n $CaCl_2$.

Tabellen XIX bis XXIV zeigen die Fällungen des Lezithins durch Konzentrationen von $CaCl_2$ und $MgCl_2$.

In Tabelle XXV sind die durch $MgCl_2$ allein hervorgerufenen Fällungen angeführt. Wir finden hier die stärkste Fällung im Bereich von 0,02 n bis 0,04 n $MgCl_2$; darauf fällt die Kurve bis zu 0,16 n $MgCl_2$, um nun parallel der Abszisse zu verlaufen. Die folgenden Tabellen geben die Beeinflussung der $MgCl_2$-Fällung durch $CaCl_2$-Zusatz wieder.

Kurz zusammengefaßt ergibt sich aus diesen Untersuchungen, daß kleine Mg-Konzentrationen auf die durch kleine Ca-Konzentrationen hervorgerufenen Fällungen antagonistisch einwirken. Wird der Ca-Gehalt bei gleichem Mg-Gehalt gesteigert, so nimmt die Hemmung ab und geht schließlich in Synergismus über oder ist ohne Einfluß; größere Mg-Konzentrationen wirken anfangs noch stärker antagonistisch, machen dann bei steigendem Ca-Gehalt keinen Einfluß geltend oder zeigen geringen Synergismus; ebenso wirken geringe Konzentrationen Ca auf die durch Mg bedingten Fällungen zunächst hemmend ein, mit steigendem Mg- und gleichbleibendem Ca-Gehalt wird die Hemmung geringer, verschwindet ganz oder wird allmählich zum Synergismus.

$CaCl_2$ und $MgCl_2$ beeinflussen einander in Bezug auf die Lezithinfällung in kleinen Konzentrationen deutlich antagonistisch, bei größeren finden wir dagegen Synergismus oder

keine Beeinflussung der durch ein Salz allein hervorgerufenen Fällung.

Der Vollständigkeit halber habe ich in Tabelle XXX einige Versuche mit Na Cl und K Cl und ihre gegenseitige Einwirkung in Bezug auf das Alkali-Lezithin wiedergegeben, ferner mit $CaCl_2$ und $MgCl_2$ kombiniert.

Entsprechend den Alkalilezithin-Versuchen führte ich auch solche aus an einer auf die gleiche Weise, wie vorher beschrieben, dargestellten Lezithinlösung, bei der der Zusatz von Na OH fortgelassen wurde, um zu sehen, ob die OH-Ionen den Ca Mg-Antagonismus wesentlich verändern (Tabelle XXXI). Wir finden auch hier, sowohl bei der Fällung durch $CaCl_2$ als auch durch $MgCl_2$ eine abfallende Kurve, die schließlich parallel der Abszisse verläuft. Die stärkste Fällung wird durch 0,02 n $CaCl_2$ und ebenso durch 0,02 n $MgCl_2$ erzielt. Bei der Kombination von $CaCl_2$ und $MgCl_2$ ist bei Anwendung kleiner Konzentrationen der Antagonismus auch hier am stärksten ausgedrückt. Mit steigenden Salzkonzentrationen nimmt er ab und hört allmählich ganz auf, wie aus den hierzu gehörigen Tabellen ersichtlich ist.

Während nun beim Alkalikasein kleine Mg-Mengen die Wirkung des Ca verstärken, größere dagegen von hemmendem Einfluß auf die durch $CaCl_2$ bedingte Fällung sind, haben wir beim Alkalilezithin das Gegenteil beobachtet; kleine Mg-Konzentrationen wirken hemmend auf die durch $CaCl_2$ verursachte Fällung, größere sind ohne Einwirkung oder machen sich in synergistischer Weise bemerkbar.

Nunmehr konnte ich an meine eigentliche Fragestellung herangehen; die Untersuchung des Ca—Mg-Antagonismus an Kasein-Lezithin-Gemischen.

Verwendet wurden zu den folgenden Versuchen Kasein-Lezithin-Gemische 1 : 1, und zwar wurden 3 ccm des

Gemisches durch die Salzlösung, bezw. Wasser auf 5 ccm ergänzt. Zur Kontrolle wurden immer auch Versuche mit 1,5 ccm Alkalikasein bezw. 1,5 ccm Alkalilezithinlösung und den gleichen Salzkonzentrationen angesetzt (Tabelle XXXII).

Die Alkali-Kasein-Lezithin-Mischung 1 : 1 verhielt sich den genannten Salzlösungen gegenüber ausnahmslos wie die Lezithinlösung.

Es war nun zu untersuchen, ob eine Veränderung im Verhältnis Kasein : Lezithin, den Antagonismus zwischen Ca und Mg verändern würde. Ich verwendete daher eine Lösung, die das Kasein in dreifacher Menge wie bisher enthielt, also Kasein : Lezithin = 3 : 1. Aus diesen Versuchen sei Tabelle XXXIII wiedergegeben. Es geht aus diesen Versuchen hervor, daß bei dieser Zusammensetzung des Gemisches der Ionenantagonismus durchaus dem am Kasein beobachteten entspricht. Für die Kontrollversuche wurden 2,25 ccm Kasein- bezw. 0,75 ccm Lezithinlösung genommen.

Meine Versuche zeigen also, daß es von dem Verhältnis der einzelnen kolloiden Bestandteile abhängt, ob Ca und Mg in bestimmten Konzentrationen antagonistisch wirken oder nicht.

Es läßt sich der Ca-Mg-Antagonismus in bestimmten Konzentrationsintervallen sowohl am Kasein, als auch am Lezithin nachweisen.

Für den biologischen Antagonismus kann man aus meinen Versuchen eine Vorstellung gewinnen, warum mancher Antagonismus nur an einzelnen Organen, nicht an allen zu beobachten ist; die verschiedene kolloide Zusammensetzung dürfte eine Rolle dabei spielen.

Kasein.

Tabelle I.

Angewandte Salzlösung	Niederschlag
0,02 n $MgCl_2$	+ +
0,04 n „ „	+ + +
0,08 n „ „	+ + +
0,12 n „ „	+ + +
0,16 n „ „	+
0,20 n „ „	± +
0,28 n „ „	0

Kasein.

Tabelle II.

Angewandte Salzlösung	Niederschlag
0,02 n $MgCl_2$ + 0,02 n $CaCl_2$	+ +
0,04 n „ „ + 0,02 n „ „	+ + +
0,08 n „ „ + 0,02 n „ „	+ + +
0,12 n „ „ + 0,02 n „ „	+ +
0,16 n „ „ + 0,02 n „ „	+
0,20 n „ „ + 0,02 n „ „	±
0,28 n „ „ + 0,02 n „ „	0

Kasein.

Tabelle III.

Angewandte Salzlösung	Niederschlag
0,02 n $MgCl_2$ + 0,04 n $CaCl_2$	+ +
0,04 n „ „ + 0,04 n „ „	+ + +
0,08 n „ „ + 0,04 n „ „	+ + +
0,12 n „ „ + 0,04 n „ „	+
0,16 n „ „ + 0,04 n „ „	±
0,20 n „ „ + 0,04 n „ „	± −
0,28 n „ „ + 0,04 n „ „	0

Kasein. Tabelle IV.

Angewandte Salzlösung	Niederschlag
0,02 n $MgCl_2$ + 0,06 n $CaCl_2$	++
0,04 n „ „ + 0,06 n „ „	+++
0,08 n „ „ + 0,06 n „ „	+++
0,12 n „ „ + 0,06 n „ „	+
0,16 n „ „ + 0,06 n „ „	±
0,20 n „ „ + 0,06 n „ „	±—
0,28 n „ „ + 0,06 n „ „	0

Kasein. Tabelle V.

Angewandte Salzlösung	Niederschlag
0,02 n $MgCl_2$ + 0,1 n $CaCl_2$	++±
0,04 n „ „ + 0,1 n „ „	+++
0,08 n „ „ + 0,1 n „ „	++
0,12 n „ „ + 0,1 n „ „	+
0,16 n „ „ + 0,1 n „ „	±
0,20 n „ „ + 0,1 n „ „	0
0,28 n „ „ + 0,1 n „ „	0

Kasein. Tabelle VI.

Angewandte Salzlösung	Niederschlag
0,02 n $MgCl_2$ + 0,12 n $CaCl_2$	+
0,04 n „ „ + 0,12 n „ „	++
0,08 n „ „ + 0,12 n „ „	++
0,12 n „ „ + 0,12 n „ „	+±
0,16 n „ „ + 0,12 n „ „	±
0,20 n „ „ + 0,12 n „ „	±—
0,28 n „ „ + 0,12 n „ „	0

Kasein. Tabelle VII.

Angewandte Salzlösung	Niederschlag
0,02 n $MgCl_2$ + 0,16 n $CaCl_2$	+ + ±
0,04 n „ „ + 0,16 n „ „	+ +
0,08 n „ „ + 0,16 n „ „	+
0,12 n „ „ + 0,16 n „ „	±
0,16 n „ „ + 0,16 n „ „	± −
0,20 n „ „ + 0,16 n „ „	± =
0,28 n „ „ + 0,16 n „ „	0

Kasein. Tabelle VIII.

Angewandte Salzlösung	Niederschlag
0,01 n $CaCl_2$	±
0,02 n „ „	+
0,04 n „ „	+
0,06 n „ „	+
0,08 n „ „	+ +
0,12 n „ „	+ +
0,16 n „ „	+ + +
0,20 n „ „	+ + +
0,30 n „ „	+ + + +
0,40 n „ „	+ + + +

Kasein. Tabelle IX.

Angewandte Salzlösung	Niederschlag
0,01 n $CaCl_2$ + 0,02 n $MgCl_2$	+
0,02 n „ „ + 0,02 n „ „	+ +
0,04 n „ „ + 0,02 n „ „	+ +
0,06 n „ „ + 0,02 n „ „	+ +
0,08 n „ „ + 0,02 n „ „	+ + +
0,12 n „ „ + 0,02 n „ „	+ + +
0,16 n „ „ + 0,02 n „ „	+ + +
0,20 n „ „ + 0,02 n „ „	+ + +
0,30 n „ „ + 0,02 n „ „	+ + +
0,40 n „ „ + 0,02 n „ „	+ + +

Kasein. Tabelle X.

Angewandte Salzlösung	Niederschlag
0,01 n $CaCl_2$ + 0,04 n $MgCl_2$	+
0,02 n „ „ + 0,04 n „ „	+
0,04 n „ „ + 0,04 n „ „	+
0,06 n „ „ + 0,04 n „ „	+ + +
0,08 n „ „ + 0,04 n „ „	+ + +
0,12 n „ „ + 0,04 n „ „	+ + ±
0,16 n „ „ + 0,04 n „ „	+ +
0,20 n „ „ + 0,04 n „ „	+ + +
0,30 n „ „ + 0,04 n „ „	+ + +
0,40 n „ „ + 0,04 n „ „	+ + +

Kasein. Tabelle XI.

Angewandte Salzlösung	Niederschlag
0,01 n $CaCl_2$ + 0,08 n $MgCl_2$	+ + +
0,02 n „ „ + 0,08 n „ „	+ + +
0,04 n „ „ + 0,08 n „ „	+ + +
0,08 n „ „ + 0,08 n „ „	+ + +
0,12 n „ „ + 0,08 n „ „	+ + +
0,16 n „ „ + 0,08 n „ „	+ + +
0,20 n „ „ + 0,08 n „ „	+ + +
0,30 n „ „ + 0,08 n „ „	+ + +
0,40 n „ „ + 0,08 n „ „	+ + +

Kasein. Tabelle XII.

Angewandte Salzlösung	Niederschlag
0,01 n $CaCl_2$ + 0,2 n $MgCl_2$	± —
0,02 n „ „ + 0,2 n „ „	± —
0,04 n „ „ + 0,2 n „ „	± —
0,06 n „ „ + 0,2 n „ „	± —
0,08 n „ „ + 0,2 n „ „	± —
0,12 n „ „ + 0,2 n „ „	± —
0,16 n „ „ + 0,2 n „ „	± —
0,20 n „ „ + 0,2 n „ „	±
0,30 n „ „ + 0,2 n „ „	+
0,40 n „ „ + 0,2 n „ „	+ +
0,50 n „ „ + 0,2 n „ „	+ +

Kasein. Tabelle XIII.

Angewandte Salzlösung	Niederschlag
0,01 n $CaCl_2$ + 0,28 n $MgCl_2$	0
0,02 n „ „ + 0,28 n „ „	0
0,04 n „ „ + 0,28 n „ „	0
0,06 n „ „ + 0,28 n „ „	0
0,08 n „ „ + 0,28 n „ „	0
0,12 n „ „ + 0,28 n „ „	0
0,16 n „ „ + 0,28 n „ „	0
0,20 n „ „ + 0,28 n „ „	± —
0,30 n „ „ + 0,28 n „ „	± —
0,40 n „ „ + 0,28 n „ „	±
0,50 n „ „ + 0,28 n „ „	±

Kasein. Tabelle XIV.

Angewandte Salzlösung	Niederschlag
0,006 n $CaCl_2$	±
0,006 n „ „ + 0,25 n Na Cl	0
0,006 n „ „ + 0,25 n K Cl	0
0,012 n $CaCl_2$	±
0,012 n „ „ + 0,25 n Na Cl	0
0,012 n „ „ + 0,25 n K Cl	0
0,02 n $CaCl_2$	+
0,02 n „ „ + 0,2 Na Cl	0
0,02 n „ „ + 0,2 K Cl	0
0,02 n „ „ + 0,15 Na Cl	0
0,02 n „ „ + 0,15 n K Cl	0
0,02 n „ „ + 0,10 n Na Cl	±
0,02 n „ „ + 0,10 n K Cl	±
0,025 n $CaCl_2$	+
0,025 n „ „ + 0,3 n Na Cl	0
0,025 n „ „ + 0,3 n K Cl	0
0,025 n „ „ + 0,4 n Na Cl	0
0,025 n „ „ + 0,4 n K Cl	0
0,03 n $CaCl_2$	+
0,03 n „ „ + 0,18 n Na Cl	0
0,03 n „ „ + 0,18 n K Cl	0

Kasein. Tabelle XV.

Angewandte Salzlösung	Niederschlag
0,06 n $CaCl_2$	+
0,06 n „ „ + 0,05 n Na Cl	+ + +
0,06 n „ „ + 0,05 n K Cl	+ + +
0,06 n „ „ + 0,08 n Na Cl	+ + +
0,06 n „ „ + 0,08 n K Cl	+ + +
0,06 n „ „ + 0,1 n Na Cl	+ + +
0,06 n „ „ + 0,1 n K Cl	+ + +
0,075 n $CaCl_2$	+ +
0,075 n „ „ + 0,1 n Na Cl	+ + +
0,075 n „ „ + 0,1 n K Cl	+ + +

Kasein. Tabelle XVI.

Angewandte Salzlösung	Niederschlag
0,09 n $MgCl_2$	+
0,09 n „ „ + 0,25 n Na Cl	0
0,09 n „ „ + 0,25 n K Cl	0
0,012 n $MgCl_2$	++
0,012 n „ „ + 0,25 n Na Cl	0
0,012 n „ „ + 0,25 n K Cl	0
0,018 n $MgCl_2$	++
0,018 n „ „ + 0,23 n Na Cl	0
0,018 n „ „ + 0,23 n K Cl	0
0,024 n $MgCl_2$	++
0,024 n „ „ + 0,25 n Na Cl	0
0,024 n „ „ + 0,25 n K Cl	0
0,2 n $MgCl_2$	±
0,2 n „ „ + 0,14 Na Cl	0
0,2 n „ „ + 0,14 n K Cl	0
0,2 n „ „ + 0,2 n Na Cl	0
0,2 n „ „ + 0,2 n K Cl	0
0,3 n $MgCl_2$	0
0,3 n „ „ + 0,37 n Na Cl	0
0,3 n „ „ + 0,37 n K Cl	0

Kasein. Tabelle XVII.

Angewandte Salzlösung	Niederschlag
0,02 n $MgCl_2$	++
0,08 n „ „	+++
0,2 n „ „	±
0,02 n „ „ + 0,01 n Na Cl	+
0,08 n „ „ + 0,01 n „ „	++
0,2 n „ „ + 0,01 n „ „	±−
0,02 n „ „ + 0,02 n „ „	+
0,08 n „ „ + 0,02 n „ „	++
0,2 n „ „ + 0,02 n „ „	±−
0,02 n „ „ + 0,06 n „ „	0
0,08 n „ „ + 0,06 n „ „	0

Kasein. Tabelle XVII (Fortsetzung).

Angewandte Salzlösung	Niederschlag
0,2 n $MgCl_2$ + 0,06 n NaCl	0
0,02 n „ „ + 0,06 n „ „	0
0,08 n „ „ + 0,06 n „ „	0
0,2 n „ „ + 0,06 n „ „	0
0,02 n „ „ + 0,06 n „ „	0
0,08 n „ „ + 0,06 n „ „	0
0,2 n „ „ + 0,06 n „ „	0

Lezithin (+ Alkali).

Tabelle XVIII.

Angewandte Salzlösung	Niederschlag
0,01 n $CaCl_2$	+ + + +
0,02 n „ „	+ + + +
0,04 n „ „	+ + +
0,06 n „ „	+ + ±
0,08 n „ „	+ +
0,10 n „ „	+
0,12 n „ „	+
0,16 n „ „	+
0,20 n „ „	+
0,30 n „ „	+
0,40 n „ „	+
0,60 n „ „	+

Lezithin (+ Alkali). Tabelle XIX.

Angewandte Salzlösung	Niederschlag
0,01 n $CaCl_2$ + 0,02 n $MgCl_2$	+ + + +
0,02 n „ „ + 0,02 n „ „	+ + + +
0,04 n „ „ + 0,02 n „ „	+ + ±
0,06 n „ „ + 0,02 n „ „	+
0,08 n „ „ + 0,02 n „ „	+
0,10 n „ „ + 0,02 n „ „	+
0,12 n „ „ + 0,02 n „ „	+
0,16 n „ „ + 0,02 n „ „	+
0,20 n „ „ + 0,02 n „ „	+
0,30 n „ „ + 0,02 n „ „	+
0,40 n „ „ + 0,02 n „ „	+

Lezithin (+ Alkali). Tabelle XX.

Angewandte Salzlösung	Niederschlag
0,01 n $CaCl_2$ + 0,04 n $MgCl_2$	+ ±
0,02 n „ „ + 0,04 n „ „	+ ±
0,04 n „ „ + 0,04 n „ „	+ ±
0,06 n „ „ + 0,04 n „ „	+ ±
0,08 n „ „ + 0,04 n „ „	+ ±
0,10 n „ „ + 0,04 n „ „	+ ±
0,12 n „ „ + 0,04 n „ „	+ ±
0,16 n „ „ + 0,04 n „ „	+ ±
0,20 n „ „ + 0,04 n „ „	+ ±
0,30 n „ „ + 0,04 n „ „	+ ±
0,40 n „ „ + 0,04 n „ „	+ ±

Lezithin (+ Alkali). Tabelle XXI.

Angewandte Salzlösung	Niederschlag
0,01 n $CaCl_2$ + 0,08 n $MgCl_2$	+ ±
0,02 n „ „ + 0,08 n „ „	+ ±
0,04 n „ „ + 0,08 n „ „	+ ±
0,06 n „ „ + 0,08 n „ „	+ ±
0,08 n „ „ + 0,08 n „ „	+ ±
0,10 n „ „ + 0,08 n „ „	+ ±
0,12 n „ „ + 0,08 n „ „	+ ±
0,16 n „ „ + 0,08 n „ „	+ ±
0,20 n „ „ + 0,08 n „ „	+ ±
0,30 n „ „ + 0,08 n „ „	+ ±
0,40 n „ „ + 0,08 n „ „	+ ±

Lezithin (+ Alkali). Tabelle XXII.

Angewandte Salzlösung	Niederschlag
0,01 n $CaCl_2$ + 0,16 n $MgCl_2$	+
0,02 n „ „ + 0,16 n „ „	+
0,04 n „ „ + 0,16 n „ „	+
0,06 n „ „ + 0,16 n „ „	+
0,08 n „ „ + 0,16 n „ „	+
0,10 n „ „ + 0,16 n „ „	+ ±
0,12 n „ „ + 0,16 n „ „	+ ±
0,16 n „ „ + 0,16 n „ „	+ ±
0,20 n „ „ + 0,16 n „ „	+ ±
0,30 n „ „ + 0,16 n „ „	+ ±
0,40 n „ „ + 0,16 n „ „	+ ±

Lezithin (+ Alkali). Tabelle XXIII.

Angewandte Salzlösung	Niederschlag
0,01 n $CaCl_2$ + 0,4 n $MgCl_2$	+
0,02 n „ „ + 0,4 n „ „	+
0,04 n „ „ + 0,4 n „ „	+
0,06 n „ „ + 0,4 n „ „	+
0,08 n „ „ + 0,4 n „ „	+
0,10 n „ „ + 0,4 n „ „	+
0,12 n „ „ + 0,4 n „ „	+ ±
0,16 n „ „ + 0,4 n „ „	+ ±
0,20 n „ „ + 0,4 n „ „	+ ±
0,30 n „ „ + 0,4 n „ „	+ ±
0,40 n „ „ + 0.4 n „ „	+ ±
0,60 n „ „ + 0,4 n „ „	+ ±

Lezithin (+ Alkali). Tabelle XXIV.

Angewandte Salzlösung	Niederschlag
0,01 n $CaCl_2$ + 0,56 n $MgCl_2$	+
0,02 n „ „ + 0,56 n „ „	+
0,04 n „ „ + 0,56 n „ „	+
0,06 n „ „ + 0,56 n „ „	+
0,08 n „ „ + 0,56 n „ „	+
0,10 n „ „ + 0,56 n „ „	+
0,12 n „ „ + 0,56 n „ „	+
0,16 n „ „ + 0,56 „ „ „	+
0,20 n „ „ + 0,56 n „ „	+
0,30 n „ „ + 0,56 n „ „	+
0,40 n „ „ + 0,56 n „ „	+
0,60 n „ „ + 0,56 n „ „	+

Lezithin (+ Alkali). Tabelle XXV.

Angewandte Salzlösung	Niederschlag
0,02 n $MgCl_2$	+ + + +
0,04 n „ „	+ + + +
0,08 n „ „	+ ±
0,10 n „ „	+ ±
0,12 n „ „	+ ±
0,16 n „ „	+
0,2 n „ „	+
0,3 n „ „	+
0,4 n „ „	+
0,6 n „ „	+ ±
0,8 n „ „	+ ±

Lezithin (+ Alkali). Tabelle XXVI.

Angewandte Salzlösung	Niederschlag
0,02 n $MgCl_2$ + 0,02 n $CaCl_2$	+ + + +
0,04 n „ „ + 0,02 n „ „	+ ±
0,08 n „ „ + 0,02 n „ „	+
0,10 n „ „ + 0,02 n „ „	+
0,12 n „ „ + 0,02 n „ „	+
0,16 n „ „ + 0,02 n „ „	+
0,2 n „ „ + 0,02 n „ „	+
0,3 n „ „ + 0,02 n „ „	+
0,4 n „ „ + 0,02 n „ „	+

Lezithin (+ Alkali). Tabelle XXVII.

Angewandte Salzlösung	Niederschlag
0,02 n $MgCl_2$ + 0,04 n $CaCl_2$	+ + ±
0,04 n „ „ + 0,04 n „ „	+ ±
0,08 n „ „ + 0,04 n „ „	+ ±
0,10 n „ „ + 0,04 n „ „	+ ∓
0,12 n „ „ + 0,04 n „ „	+
0,16 n „ „ + 0,04 n „ „	+
0,20 n „ „ + 0,04 n „ „	+
0,30 n „ „ + 0,04 n „ „	+
0,40 n „ „ + 0,04 n „ „	+

Lezithin (+ Alkali). Tabelle XXVIII.

Angewandte Salzlösung	Niederschlag
0,02 n $MgCl_2$ + 0,1 n $CaCl_2$	+
0,04 n „ „ + 0,1 n „ „	+
0,08 n „ „ + 0,1 n „ „	+
0,10 n „ „ + 0,1 n „ „	+
0,16 n „ „ + 0,1 n „ „	+
0,20 n „ „ + 0,1 n „ „	+
0,30 n „ „ + 0,1 n „ „	+
0,40 n „ „ + 0,1 n „ „	+

Lecithin (+ Alkali). Tabelle XXIX.

Angewandte Salzlösung	Niederschlag
0,02 n $MgCl_2$ + 0,2 n $CaCl_2$	+
0,04 n „ „ + 0,2 n „ „	+ ±
0,08 n „ „ + 0,2 n „ „	+ ±
0,10 n „ „ + 0,2 n „ „	+ ±
0,2 n „ „ + 0,2 n „ „	+ ±
0,3 n „ „ + 0,2 n „ „	+ ±
0,4 n „ „ + 0,2 n „ „	+ ±

Lezithin (+ Alkali). Tabelle XXX.

Angewandte Salzlösung	Niederschlag
0,02 n Na Cl	0
0,04 n „ „	+ +
0,2 n „ „	+ +
0,4 n „ „	+ +
0,8 n „ „	+ +
1,2 n „ „	+ +
0,04 n K Cl	+ +
0,08 n „ „	+ +
0,2 n „ „	+ +
0,4 n „ „	+ +
0,8 n „ „	+ +
1,2 n „ „	+ +
0,04 n Na Cl + 0,04 n $CaCl_2$	+ + +
0,2 n „ „ + 0,04 n „ „	+ + +
0,4 n „ „ + 0,04 n „ „	+
0,8 n „ „ + 0,04 n „ „	+ +
0,04 n „ „	+ + +
0,04 n K Cl + 0,04 n „ „	+ + +
0,2 n „ „ + 0,04 n „ „	+ + +
0,4 n „ „ + 0,04 n „ „	+
0,8 n „ „ + 0,04 n „ „	+ +
0,04 n NaCl + 0,12 n „ „	+
0,2 n „ „ + 0,12 n „ „	+ +
0,4 n „ „ + 0,12 n „ „	+ +

Lezithin (+ Alkali). Tabelle XXX (Fortsetzung).

Angewandte Salzlösung	Niederschlag
0,8 n Na Cl + 0,12 n $CaCl_2$	+
0,12 n „ „	+
0,04 n K Cl + 0,12 n „ „	+
0,2 n „ „ + 0,12 n „ „	+ +
0,4 n „ „ + 0,12 n „ „	+ +
0,8 n „ „ + 0,12 n „ „	+
0,04 n Na Cl + 0,2 n $CaCl_2$	+
0,2 n „ „ + 0,2 n „ „	+ +
0,4 n „ „ + 0,2 n „ „	+ +
0,8 n „ „ + 0,2 n „ „	+ +
0,2 n „ „	+
0,04 n K Cl + 0,2 n „ „	+
0,2 n „ „ + 0,2 n „ „	+ +
0,4 n „ „ + 0,2 n „ „	+ +
0,8 n „ „ + 0,2 n „ „	+ +
0,24 n $MgCl_2$	+
0,04 n Na Cl + 0,24 n „ „	+
0,2 n „ „ + 0,24 n „ „	+
0,4 n „ „ + 0,24 n „ „	+
0,8 n „ „ + 0,24 n „ „	+
0,04 n K Cl + 0,24 n „ „	+
0,2 n „ „ + 0,24 n „ „	+
0,4 n „ „ + 0,24 n „ „	+
0,8 n „ „ + 0,24 n „ „	+

Lezithin (ohne Alkali). Tabelle XXXI.

Salzlösung	Niederschlag
0,01 n $CaCl_2$	+ + + +
0,02 n „ „	+ + + +
0,06 n „ „	+ + + ±
0,1 n „ „	+ + + ±
0,2 n „ „	+ + +
0,4 n „ „	+ + +
0,8 n „ „	+ + +
0,01 n $MgCl_2$	+ + +
0,02 n „ „	+ + + +
0,06 n „ „	+ + + ±
0,1 n „ „	+ + + ±
0,2 n „ „	+ + +
0,4 n „ „	+ + +
0,8 n „ „	+ + +
0,01 n $CaCl_2$ + 0,01 n $MgCl_2$	+ + + +
0,02 n „ „ + 0,01 n „ „	+ + + +
0,06 n „ „ + 0,01 n „ „	+ + +
0,1 n „ „ + 0,01 n „ „	+ + +
0,2 n „ „ + 0,01 n „ „	+ + +
0,4 n „ „ + 0,01 n „ „	+ + +
0,01 n „ „ + 0,02 n „ „	+ + + +
0,02 n „ „ + 0,02 n „ „	+ + + ±
0,06 n „ „ + 0,02 n „ „	+ + +
0,10 n „ „ + 0,02 n „ „	+ + +
0,20 n „ „ + 0,02 n „ „	+ + +
0,40 n „ „ + 0,02 n „ „	+ + +
0,02 n „ „ + 0,04 n „ „	+ +
0,04 n „ „ + 0,04 n „ „	+ +
0,12 n „ „ + 0,04 n „ „	+ +
0,2 n „ „ + 0,04 n „ „	+ + ±
0,4 n „ „ + 0,04 n „ „	+ + ±
0,8 n „ „ + 0,04 n „ „	+ + +
0,02 n „ „ + 0,08 n „ „	+ + ±
0,04 n „ „ + 0,08 n „ „	+ + ±
0,2 n „ „ + 0,08 n „ „	+ + ±
0,4 n „ „ + 0,08 n „ „	+ + ±
0,8 n „ „ + 0,08 n „ „	+ + +

Lezithin (ohne Alkali). Tabelle XXXI (Fortsetzung).

Salzlösung	Niederschlag
0,01 n $CaCl_2$ + 0,1 n $MgCl_2$	+ + +
0,02 n „ „ + 0,1 n „ „	+ + +
0,04 n „ „ + 0,1 n „ „	+ + +
0,2 n „ „ + 0,1 n „ „	+ + +
0,4 „ „ „ + 0,1 n „ „	+ + +
0,8 n „ „ + 0,1 n „ „	+ + +
0,01 n $MgCl_2$ + 0,01 n $CaCl_2$	+ + + +
0,02 n „ „ + 0,01 n „ „	+ + + +
0,06 n „ „ + 0,01 n „ „	+ + +
0,1 n „ „ + 0,01 n „ „	+ + +
0,2 n „ „ + 0,01 n „ „	+ + +
0,2 n „ „ + 0,01 n „ „	+ + +
0,4 n „ „ + 0,01 n „ „	+ + +
0,8 n „ „ + 0,01 n „ „	+ + +
0,01 n „ „ + 0,02 n „ „	+ + + +
0,02 n „ „ + 0,02 n „ „	+ + + ±
0,06 n „ „ + 0,02 n „ „	+ + + ±
0,1 n „ „ + 0,02 n „ „	+ + +
0,2 n „ „ + 0,02 n „ „	+ + +
0,4 n „ „ + 0,02 n „ „	+ + +
0,8 n „ „ + 0,02 n „ „	+ + +
0,01 n „ „ + 0,1 n „ „	+ + +
0,02 n „ „ + 0,1 n „ „	+ + +
0,06 n „ „ + 0,1 d „ „	+ + +
0,1 n „ „ + 0,1 n „ „	+ + +
0,2 n „ „ + 0,1 n „ „	+ + +
0,4 n „ „ + 0,1 n „ „	+ + +
0,8 n „ „ + 0,1 n „ „	+ + +

(Alkali) Lezithin-Kaseingemisch (1 : 1).

Tabelle XXXII.

Salzlösung	Kasein	Lezithin	Kasein + Lezithin
0,05 n $MgCl_2$	+ +	+ + +	+ + +
0,02 n $CaCl_2$	± −	+ + +	+ + +
0,05 n $MgCl_2$ + 0,02 n $CaCl_2$	+ + ±	+	+ +
0,05 n „ „	±	+	+
0,05 n „ „ + 0,05 n „ „	+ +	±	+
0,10 n „ „	+	+	+ + ±
0,05 n „ „ + 0,10 n „ „	+ + ±	+	+ + ±
0,2 n „ „	+ + +	+	+ ±
0,02 n „ „	± −	+ + +	+ + +
0,2 n „ „ + 0,02 n „ „	+ + +	+	+ ±
0,2 n „ „ + 0,05 n „ „	+ +	+	+ ±
0,2 n „ „ + 0,1 n „ „	+ + ±	+	+ + ±
0,4 n „ „	0	+ +	+ +
0,4 n „ „ + 0,02 n „ „	0	+ +	+ +
0,4 n „ „ + 0,05 n „ „	0	+	+
0,4 n „ „ + 0,10 n „ „	0	+ +	+ + ±

(Alkali) Lezithin-Kaseingemisch (1 : 3),

Tabelle XXXIII.

Salzlösung	Kasein	Lezithin	Kasein + Lezithin
0,05 n $MgCl_2$	+ +	+	+ +
0,02 n $CaCl_2$	± −	+ +	+ + ±
0,05 n „ „ + 0,02 n „ „	+ + ±	±	+ + + +
0,05 n „ „	±	+	+
0,05 n „ „ + 0,05 n „ „	+ +	± +	+ + + +
0,1 n „ „	+	±	+
0,05 n „ „ + 0,1 n „ „	+ + ±	±	+ +
0,2 n „ „	+ +	+	+ + +
0,02 n „ „	± −	+ +	+ + ±
0,2 n „ „ + 0,02 n „ „	+ +	+	+ + +

Lebenslauf.

Am 15. 9. 96 wurde ich als Tochter des damaligen Rechtsanwalts und Notars, späteren Justizrats Adolf Schultze zu Gifhorn geboren und besuchte zunächst die gehobene Mittelschule meines Heimatortes, darauf das Lyceum in Wolfenbüttel. Da mein Vater im Jahre 1914 starb, arbeitete ich während des Krieges in der chemischen Fabrik von Athenstaedt & Redeker in Hemelingen als Laborantin, nachdem ich zuvor eine siebenmonatliche Ausbildung an der Dessauer Chemieschule erhalten hatte. Nach kurzer privater Vorbereitung trat ich im Herbst 1918 in die Unterprima der realgymnasialen Abteilung des Neuen Gymnasiums zu Bremen ein. Im Februar 1920 erhielt ich dort das Zeugnis der Reife unter Befreiung von der mündlichen Prüfung. An der Universität zu Göttingen widmete ich mich dem Studium der Zahnheilkunde, erhielt im Dezember 1923 die Approbation und legte im Juli 1925 dort die mündliche Doktorprüfung ab.

Erica Schultze.